

(11)特許出願公開番号
特開2002-280306
(P2002-280306A)

(43)公開日 平成14年9月27日(2002.9.27)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	ページ数(参考)
H 0 1 L 21/203		H 0 1 L 21/203	Z 2 G 0 0 1
			S 4 K 0 2 9
C 2 3 C 14/28		C 2 3 C 14/28	5 F 1 0 3
14/50		14/50	E
			J
審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 9 頁) 最終頁に続く			

(21)出願番号	特願2001-81454(P2001-81454)	(71)出願人	396020800 科学技術振興事業団
(22)出願日	平成13年3月21日(2001.3.21)		埼玉県川口市本町4丁目1番8号
		(71)出願人	500038215 折田 政寛 千葉県船橋市三山5-7-9
		(71)出願人	500037942 太田 裕道 神奈川県川崎市高津区千年1184 グランド ールB・202
		(74)代理人	100057874 弁理士 曾我 道照 (外8名)

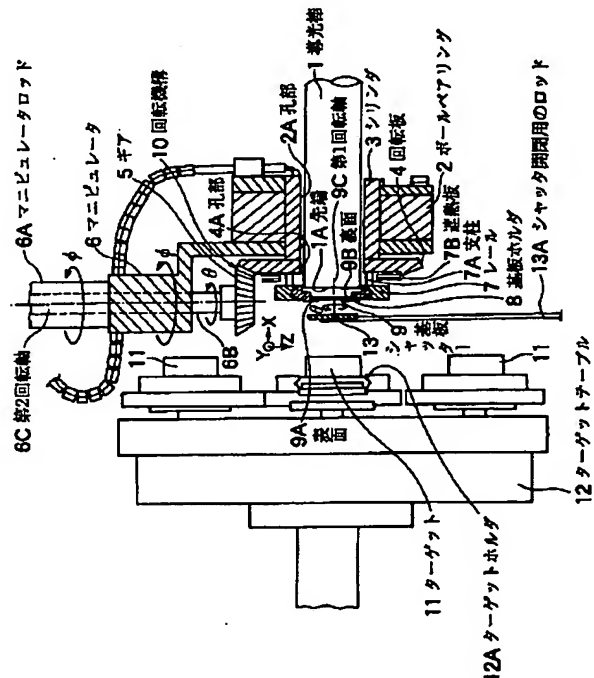
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 基板回転・加熱装置並びにこれを用いた成膜装置及び分析装置

(57) 【要約】

【課題】 本発明は、超高温域まで安定に基板を加熱できると共に、安定的に基板を回転させることができる基板回転・加熱装置ないしこれを用いた成膜装置及び分析装置を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明による基板回転・加熱装置は、基板(9)の表面(9A)に薄膜を均一に蒸着させるために、または、前記基板表面(9A)に形成された薄膜を分析するために、前記基板(9)を保持すると共に、前記基板表面(9A)を垂直に貫通する第1回転軸(9C)を軸として前記基板(9)を回転させる回転機構(10)と、前記回転機構(10)の前記第1回転軸(9C)を貫通し、赤外線源(15)から出射される赤外線を前記基板(9)の裏面(9B)に照射する導光棒(1)とを備える構成である。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 基板(9)の表面(9A)に薄膜を均一に蒸着させるために、または、前記基板表面(9A)に形成された薄膜を分析するために、前記基板(9)を保持すると共に、前記基板表面(9A)を垂直に貫通する第1回転軸(9C)を軸として前記基板(9)を回転させる回転機構(10)と、前記回転機構(10)の前記第1回転軸(9C)を貫通し、赤外線源(15)から出射される赤外線を前記基板(9)の裏面(9B)に照射する導光棒(1)とを備える基板回転・加熱装置。

【請求項2】 前記回転機構(10)は、前記第1回転軸(9C)と同軸回転するボールベアリング(2)を備え、前記導光棒(1)は、前記ボールベアリング(2)を貫通していることを特徴とする請求項1記載の基板回転・加熱装置。

【請求項3】 前記回転機構(10)は、前記基板(9)を保持する基板ホルダ(8)と、支柱(7)を介して前記基板ホルダ(8)に接続された回転板(4)とを備え、駆動機構(16, 17)からの駆動力が前記基板ホルダ(8)に伝達されることにより、前記基板ホルダ(8)及び前記回転板(4)が前記第1回転軸(9C)と同軸回転することを特徴とする請求項1または2記載の基板回転・加熱装置。

【請求項4】 前記基板(9)を150℃から1500℃の間の任意の温度に加熱することができ、かつ、前記基板(9)を安定的に回転できることを特徴とする請求項3記載の基板回転・加熱装置。

【請求項5】 前記回転機構(10)は駆動装置(6)に保持されており、前記駆動装置(6)は、前記回転板(4)を0.1度刻みで回転制御すると共に、前記第1回転軸(9C)に垂直な第2回転軸(6C)に対し前記回転機構(10)を0.1度刻みで回転制御できることを特徴とする請求項1ないし4のいずれか記載の基板回転・加熱装置。

【請求項6】 請求項1ないし5のいずれか記載の基板回転・加熱装置を反応容器(14)内に備え、前記反応容器(14)内に設置されたターゲット(11)にパルスレーザ光を照射することにより、または、前記ターゲット(11)と基板(9)の間にプラズマを発生させることにより、前記基板表面(9A)に薄膜を作製することを特徴とする成膜装置。

【請求項7】 酸素、亜酸化窒素または窒素のうちの少なくとも一つのガスを前記反応容器(14)内に流入させ、 5×10^{-6} Pa～100 Paの減圧雰囲気下において前記基板表面(9A)に薄膜を作製できることを特徴とする請求項6記載の成膜装置。

【請求項8】 前記基板(9)は、前記ターゲット(11)に対向配置されることを特徴とする請求項6または7記載の成膜装置。

【請求項9】 請求項1ないし5のいずれか記載の基板回転・加熱装置を反応容器(14)内に備えると共に、前記基板表面(9A)に不活性ガスイオンを照射する直衝撃イオン散乱分光法用イオン銃または前記基板表面(9A)に高速

電子線を照射する高速電子線回折装置を備えることを特徴とする分析装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、半導体素子用の酸化物薄膜を作製するための基板回転・加熱装置及び成膜装置、または、作製した薄膜を分析する分析装置に関し、特に、低温域から超高温域まで安定に基板を加熱できると共に、安定的に基板を回転させることができるように改良するための新規な改良に関する。

【0002】

【従来の技術】パルスレーザ蒸着法(Pulsed Laser Deposition法(以下、PLD法と称す))は酸化物薄膜作製に適した成膜法である。PLD法は、高反応容器中、焼結体ターゲットを基板と対向させて配置し、ターゲットにレーザ光を照射するだけの簡単な装置系であって、容器圧力を超高真空から大気圧近くまで広く変化させることができること、薄膜組成はターゲットの組成を比較的良く転写すること、ターゲットの組成は通常のセラミックプロセスによって容易に変化させることができること、高結晶性の薄膜が得られ、原子層状成長モードを実現できること、さらに、多層膜を作製できること等の優れた特徴がある。

【0003】PLD法による酸化物の薄膜成長過程において、基板温度は容器圧力と並んで主たる成長パラメータである。一般に基板温度を高くすると、酸化物薄膜の結晶性が向上する傾向が見られ、優れた物性の発現に寄与することがある。たとえば、ITOの電気伝導率は従来10,000 S/cmが壁とされてきたが、YSZ(111)単結晶基板を600℃に加熱し、PLD法で成膜することにより、ヘテロエピタキシャル膜が得られ(M.Orita, H.Ohta, H.Tanji, H.Hosono, and H.Kawazoe, Mat. Res. Soc. Symp. Proc., 558, 399(2000))、13,000 S/cmの伝導率が再現性良く得られるようになる(H.Ohta, M.Orita, M.Hirano, H.Tanji, H.Kawazoe, and H.Hosono, Appl. Phys. Lett., 76, 2740(2000))。ITO膜の結晶性を向上させたことにより、ドーパントであるSnイオンのIn₂O₃格子中への固溶が進行し、キャリア生成効率が上昇するとともに、移動度の低減が抑制されることが原因である。ITO膜を形成したYSZ(111)単結晶を基板として、高結晶性ZnO膜を800℃でヘテロエピタキシャル成長させ、さらにp形の半導体膜SrCu₂O₂をエピタキシャルに堆積してSrCu₂O₂(112)/ZnO(0001)/ITO(111)/YSZ(111)という多層膜を作製して、紫外発光ダイオードが実現された(H.Ohta, K.Kawamura, M.Orita, N.Saenoku, M.Hirano, and H.Hosono, Elec. Lett., 36, 1(2000); Appl. Phys. Lett., 77, 475(2000))。また最近報告された深紫外透明導電性Ga₂O₃薄膜は、880℃でPLD成膜させたもので、800℃以下では透明

性が顕著に劣化した(M. Orita, H. Ohta, M. Hirano, and H. Hosono, Appl. Phys. Lett.).

【0004】

【発明が解決しようとする課題】以上の例は、基板を安定して加熱し、高温下で成膜できるPLD装置が、優れた物性を有する酸化物薄膜の作製にとって大変有用であることを示している。さらに基板温度を高くできるならば、新たな性状を持つ薄膜を生み出すことができるはずである。一方、物質によっては低温域における成膜が必要であるから、様々な物質を成膜するためには、低温域から高温域の広い領域、具体的には、150℃から1500℃の領域で安定に加熱できる装置が好ましい。さらに、成膜中には基板を安定に自転させることなくしては、基板上に均一な膜厚で成膜する事は困難である。しかしながら、従来は、このような広い温度領域で安定に加熱でき、かつ、基板を安定に自転できる成膜装置は、PLD装置のみに限らず、たとえばスパッタリング装置であっても、存在していないという課題があった。

【0005】従来、基板の加熱方式には、通電加熱、抵抗加熱、レーザ照射、赤外線ランプなどの方法が採用されてきた。このうち、通電加熱方式は、基板に電流を流して加熱するので、導電性基板に限定される。酸化物薄膜では Al_2O_3 単結晶基板など、酸化物材料を多用するので、採用することができないという課題があった。また、抵抗加熱の場合、ヒーターにPtを用いる場合には、上限温度は1000℃程度である。SiCヒーターを用いる場合には1100℃程度まで昇温できるが、ヒーター自体の熱容量が大きいために、基板を保持し回転する機構部に相当程度の熱が伝わって各部材が熱膨張し、機械的な齟りが起こって安定な回転が損なわれやすいという課題があった。また、レーザ照射方式は、最近、Nd:YAGレーザを照射方式する方式が報告され、1450℃という高い温度まで昇温できる点で優れている(S. Ohashi, M. Lippmaa, N. Nakagawa, H. Nagasawa, H. Koinuma, and M. Kawasaki, Rev. Sci. Instr., 70, 178(1999))。しかし、200℃～500℃程度の温度を安定に与えるには適していないという課題があった。

【0006】さらに、赤外線ランプ方式は、超高真空系内を清浄に保つことができ、昇降温が速やかであり、低温域から900℃付近まで安定に加熱できる点で優れている。しかし、900℃以上の温度は実現されていないという課題があった。これは、従来の赤外線ランプでは赤外光(IR光)が大きく広がるためである。従来の赤外線ランプでは、ランプから放射され広がった光が基板の周囲に位置する部材に直接照射されて、部材の温度が上昇する。このため、ランプから放出される熱エネルギーの相当部分が、基板の周囲に位置する部材の温度上昇に消費されてしまう。基板の温度を高めるために、赤外線ランプの出力を高めるならば、基板の周囲に位置する部材の温度もより上昇してしまい、熱膨張によって基板

の自転運動を損なうのみならず、部材の酸化反応が進行してしまうという課題があった。

【0007】さらに、積層膜を作製する場合には、作製した薄膜のキャラクタリゼーションを成膜容器内で行えば、積層界面の性状を把握しながら成膜できるので非常に好適である。容器外部に取り出して測定する方式では実験の効率が悪いだけでなく、大気中のガス成分を吸着するなどして薄膜の表面構造が破壊されたり、塵が付着したりするなどの不都合がある。酸化物薄膜の場合には、結晶構造解析に加えて、化学組成分析が重要な課題である。

【0008】しかしながら、通常広く使用されているRHEEDは構造解析には有効であるが、化学組成に関する情報をもたらさないという課題があった。また、薄膜表面の化学組成と結晶構造の両方の情報が得られる解析法に同軸型直衝突イオン散乱分光法(Coaxial Impact-Collision Ion Scattering Spectroscopy, CAICISS)がある(M. Aono, C. Oshima, S. Zaima, S. Otani, and Y. Ishizawa, Jpn. J. Appl. Phys., 20, L829(1981))。この方法では、希ガスイオンを試料表面に照射し、180°の散乱角で散乱されるイオンの数を時間の関数として検出し、Time of Flight (TOF) スペクトルを得て、表面原子の化学種を知る。また、試料へのイオンの入射角度やアジマス角の関数としてスペクトルを得ることによって、結晶構造に関する知見を得ることができる。しかしながら、このような分析を行うためには、成膜装置内において、試料表面とイオン銃および検出器を幾何学的に精密に設置しなくてはならないという課題があった。イオン銃を反応容器に固定する方式を採用した場合には、イオンの入射角度を決める試料のあおり角 ϕ および回転角 θ (アジマス角 θ)は0.1度の精度で再現性良く制御できる基板回転系を備える必要がある。ここで、基板回転系は、基板温度を1500℃に昇温しても機能を損なわないものとしなくてはならない。

【0009】以上、本発明は、基板を150℃から1500℃の広い範囲で安定に加熱でき、かつ、基板を安定に自転させることができる基板回転・加熱装置を提供することを目的とする。さらに、本発明は、酸素、亜酸化窒素、もしくは窒素ガスの少なくとも一種の圧力が 5×10^{-6} Paから100 Paの雰囲気下で、基板を150度から1500度の広い範囲で安定に加熱でき、かつ、基板を安定に自転させた上で、基板上に薄膜を堆積することのできる成膜装置の提供を目的とする。さらに、基板の回転角 θ およびあおり角 ϕ を0.1°の精度で、再現性よく制御できる機構を実現することにより、CAICISSによる表面分析が可能な基板回転・加熱装置及びこれを用いた分析装置を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明の基板回転・加熱装置は、基板の表面に薄膜を均一に蒸着させるために、

または、前記基板表面に形成された薄膜を分析するために、前記基板を保持すると共に、前記基板表面を垂直に貫通する第1回転軸を軸として前記基板を回転させる回転機構と、前記回転機構の前記第1回転軸を貫通し、赤外線源から出射される赤外線を前記基板の裏面に照射する導光棒とを備える構成であり、また、前記回転機構は、前記第1回転軸と同軸回転するボールベアリングを備え、前記導光棒は、前記ボールベアリングを貫通している構成であり、また、前記回転機構は、前記基板を保持する基板ホルダと、支柱を介して前記基板ホルダに接続された回転板とを備え、駆動機構からの駆動力が前記基板ホルダに伝達されることにより、前記基板ホルダ及び前記回転板が前記第1回転軸と同軸回転する構成であり、前記基板を150℃から1500℃の間の任意の温度に加熱することができ、かつ、前記基板を安定的に回転できる構成であり、さらに、前記回転機構は駆動装置に保持されており、前記駆動装置は、前記回転板を0.1度刻みで回転制御すると共に、前記第1回転軸に垂直な第2回転軸に対し前記回転機構を0.1度刻みで回転制御できる構成である。また、本発明の成膜装置は、前記基板回転・加熱装置を反応容器内に備え、前記反応容器内に設置されたターゲットにパルスレーザー光を照射することにより、または、前記ターゲットと基板の間にプラズマを発生させることにより、前記基板表面に薄膜を作製する構成であり、酸素、亜酸化窒素または窒素のうちの少なくとも一つのガスを前記反応容器内に流入させ、 $5 \times 10^{-6} \text{ Pa} \sim 100 \text{ Pa}$ の減圧雰囲気下において前記基板表面に薄膜を作製できる構成であり、さらに、前記基板は、前記ターゲットに対向配置される構成である。さらに、本発明の分析装置は、前記基板回転・加熱装置を反応容器内に備えると共に、前記基板表面に不活性ガスイオンを照射する直衝撃イオン散乱分光法用イオン銃または前記基板表面に高速電子線を照射する高速電子線回折装置を備える構成である。

【0011】

【発明の実施の形態】本発明は、赤外光の広がりや抑制して、基板に集光させれば、従来と同じ出力の赤外線ランプを用いて、基板をより高温に昇温できることを利用したものである。すなわち、従来の赤外線ランプ方式では、基板はせいぜい900℃までしか昇温できなかったが、この光を基板上にうまく集光させることができるならば、900℃を越える温度まで加熱できるはずである。

【0012】赤外線ランプからの光エネルギーのほとんどは基板に集中するので、基板の周囲に位置する部材は、光照射によって直接的に加熱されることはなく、基板からの熱伝導によって間接的に加熱される。このことに着目すると、基板と基板の周囲に位置する部材の間の断熱性を高めれば、基板の周囲に位置する部材の温度上昇を抑制できるはずである。この観点から本発明は、加

熱源の選定と基板の周囲に位置する部材に関する三つの技術的手段によって構成される。

【0013】第一の技術的手段は、基板とそのごく周辺のみを局所的に加熱するために、たとえば、導光用の透明石英棒を備えた赤外線ランプ（サーモ理工GVL-298：特許第2517218号）を加熱源として採用する。導光用石英棒付き赤外線ランプは、ランプの周囲に設置した回転楕円体形状の反射鏡の焦点位置に、直径20mm、長さ500mmの石英棒の一端を位置させたものであり、市販されている。反射鏡により焦点に集光された光は、石英棒の中を全反射により伝播して先端から放射される。赤外光の照射部分が20mmφ程度あるので、基板を先端から5mm離れた位置に棒端面と平行に設置すれば、10mm角の基板全域を均一に加熱することができる。赤外線ランプの放出する光は基板に効果的に集光するため、1500℃を超える温度まで昇温可能である。同時に加熱部分の面積は20mmφに限定されるので、基板の昇温に必要な投入熱量を小さく抑えることができる。

【0014】第二の技術的手段は、光照射部分、すなわち基板ホルダの熱容量を下げることである。光は20mmφ程度の領域に照射されるので、基板ホルダも1500℃まで直接加熱される。基板ホルダの熱容量を下げることによって、昇温に必要な投入熱量を抑制できる。そこで基板ホルダの大きさをできるだけ小さく抑えて、その熱容量を例えば従来の基板ホルダの1/2程度とし、基板ホルダへの投入熱量を抑制する。酸素雰囲気中1500℃の加熱に耐えさせるため、基板ホルダは、たとえばPt製であることが好ましい。

【0015】第三の技術的手段は、基板ホルダとこれを固定する回転板の熱抵抗を大きくして、機械部分への熱流出を抑制することである。たとえば、4本の支柱を介して基板ホルダを回転板上のレールに点接触的に保持させ、かつ回転板を点接触によってボールベアリングに固定して、基板ホルダとベアリング間の熱抵抗を大きくする。レール材質には、たとえばインコネルを、回転板材質には、たとえばSUS310Sを採用することができる。回転板は周囲にギアを切った円形状を切って、5軸マニピュレータのギアとかみ合わせて回転させ、基板に自転運動を与える。

【0016】以上、三点の技術的手段の組み合わせによって回転板やボールベアリングの熱膨張は十分に抑制され、基板を1500℃に昇温して継続的に運転しても、基板回転に異常は生じず、少なくとも、2時間、基板が安定に回転することを実験的に確認した。たとえば、ITO薄膜を2時間成膜する場合、数百ナノメートルから数ミクロンの膜厚で堆積することができるから、実用的な耐久時間である。

【0017】マニピュレータは、回転角θ方向の移動機構のほかに、x、y、zの平行移動機構を有することが

好ましい。x、y、z軸は基板ホルダと赤外線ランプの導光棒、ターゲットホルダおよび基板搬送用機構との位置関係の制御に用いることができ、平行移動軸を持たせない場合に比べて、格段に操作性が向上する。成膜時には、自転軸をアナログモータによって回転させる。

【0018】本発明により、回転系の熱膨張が十分に抑制できるため、基板の位置を高精度に制御することができる。このため、たとえば加熱中においてもCAICISSによる表面解析が可能になる。CAICISSによる表面解析を行うためには、たとえば基板保持用のマニピュレータに、さらにあおり軸 ϕ を持たせ、一方、イオン銃を反応容器壁面のポートに取り付けて、イオンビームを基板に向けて照射する配置とする。このとき、イオンビームと基板のなす角のうち、基板水平面内のアジマス角を回転軸 θ （回転角 θ の回転軸）により制御し、法線方向から測った入射角をあおり軸 ϕ （あおり角 ϕ の回転軸）により制御する。いずれの軸もパルスモータによって回転制御し、イオンビームの入射角とアジマス角を 0.1° の精度で再現性良く位置出しさせる方式とする。従来の加熱方式では、回転系に熱が相当程度伝わるため、回転角 θ とあおり角 ϕ を 0.1° の精度で、かつ、再現性よく位置出しすることは不可能であったが、本発明により、回転系への伝熱が十分に抑制されるため、上記の構成とすることができる。

【0019】導光棒付き赤外線ランプはベローズを介して反応容器側面のフランジに取り付け、基板回転板中央に設けた開口部へ、直線導入機構によって出し入れを行う構造とすれば、基板の平行移動やあおり移動（あおり角 ϕ を動かす方向の移動）の際に、導光棒が障害となることがなく、かつ、基板を十分に加熱することができる。

【0020】ターゲットテーブルは、基板ホルダに対向させて、導光棒付き赤外線ランプの反対側に配置すればよい。ターゲット表面にパルスレーザー光を照射することによって、基板上に薄膜をPLD成膜することができる。また、ターゲットと基板の間にプラズマを生成させることによって、基板上に薄膜をスパッタ成膜することができる。

【0021】実施の形態1。次に、本発明の基板回転・加熱装置ないしこれを用いた成膜装置および分析装置について具体的に説明する。図1は本発明の成膜装置及び分析装置の要部を側面から示す半断面図である。図2は本発明の成膜装置及び分析装置の基板ホルダを示す正面図である。

【0022】図1において、符号1で示されるものは、赤外線源としての赤外線ランプ15（図3参照）に取り付けられた石英ガラス製の導光棒であり、円盤形のボールベアリング2（内部機構は省略して示す）の中央に空けた孔部2Aにシリンダ3を介して挿入してある。ボールベアリング2は、マニピュレータ6に固定されてい

る。シリンダ3の一端には、回転板4が取り付けられている。図1及び図2に詳細は図示しないが、シリンダ3と回転板4の接点は4本の支柱だけ（即ち4点接続）として、両者間の断熱性を高めてある。前記赤外線ランプ15に取り付けた導光棒1は、ボールベアリング2、回転板4の中央に空けた孔部2A、4Aを貫通している。

【0023】シリンダ3は、ボールベアリング2を介して駆動装置としてのマニピュレータ6に回転自在に支持されている。また、前記回転板4は前記シリンダ3によって保持されているので、導光棒1の長手方向軸を中心として回転できる。回転板4は、マニピュレータ6及びマニピュレータロッド6Aを貫通する θ ロッド6Bの先端に設けられたギア5を介し、反応容器14外部に設置したアナログモータ16もしくはパルスモータ17の駆動力を受けて回転できるように構成されている。回転板4は、成膜時にはアナログモータ16によって駆動され、CAICISS解析時にはパルスモータ17によって駆動される。

【0024】導光棒1の先端1Aは、基板ホルダ8に対向するように配置してある。前記先端1Aと基板9の表面との距離は5mm程度に設定する。導光棒1はベローズ付き直線導入機構15Aによって保持されているので、反応容器14から自由に抜き差しすることができる。ターゲット11の表面にレーザー光をパルス状に照射することにより、基板9の表面9A上に薄膜をPLD成膜することができる。また、ターゲット11と基板9の間にプラズマを生成させることによって、基板表面9A上に薄膜を成膜することができる。

【0025】シャッタ13はターゲットからの飛散物が基板9の表面9A上に堆積しないようにするためのもので、基板表面9Aを覆うように配設されている。このシャッタ13は、シャッタ開閉用のロッド13Aを回転させることにより開閉することができる。成膜時にはシャッタ13を開放しておく。レール7は、4本の支柱7Aを介して回転板4に固定されている。また、4本の支柱7Aの外側には（図2では影になって見えないが）レール7や基板ホルダ8からの輻射熱を遮るための環状の遮熱板7Bが設けられている。このように支柱7Aでレール7を固定したり遮熱板7Bを設けることにより、レール7と回転板4の間における断熱性を向上させており、回転板4等の駆動系の熱変形を抑制している。

【0026】また、基板ホルダ8は、2本のレール7の間に挟持させてある。基板9は、図2中における右方向から脱着できるように構成されている。基板9は、基板ホルダ8の中央部において、白金製のリング状のバネ8Aによって固定されている。上述したボールベアリング2、シリンダ3、回転板4、支柱7及び基板ホルダ8は、回転機構10を構成している。また、本発明の基板回転・加熱装置は、導光棒1、ボールベアリング2、シリンダ3、回転板4、ギア5、 θ ロッド6B、支柱7、

基板ホルダ8、アナログモータ16及びパルスモータ17によって構成される。

【0027】図1中において導光棒1を右方向に引き抜くと、第2回転軸6Cを中心にマニピュレータ6を回転させることができる。たとえば第2回転軸6Cの上方から見てマニピュレータロッド6Aを反時計方向に90°回転すれば、図2に示す面が図1上に現れる。このような操作はCAICISS測定時に、基板表面に対するイオンビームの入射角度を制御するために用いる。基板9に対向してターゲット11を位置させる。ターゲット11はターゲットテーブル12に保持されており、このターゲットテーブルは、図1に示すx、y、z方向に移動可能に構成されている。なお、図1及び図2に示す構成は全て反応容器14内に収められている。

【0028】また、図1において、ターゲットテーブル12には60°おきに5個のターゲット11を設けると共に、6つ目の位置には、孔部（図示せず）を開けてある。従って、ターゲットテーブル12を回転制御することにより、自動的に任意のターゲット11を選択でき、また、孔部にエキシマレーザ光が照射するようにターゲットテーブル12を回転させれば、エキシマレーザ光はターゲットテーブル12を通りぬけ、図示しない石英ガラス窓から反応容器14外に取り出せるので、反応容器14外に設置したパワーメータによって光強度をモニタすることができる。

【0029】ターゲットホルダ12Aは基板ホルダと同じ外形とし、前記レール7と同様のレール12Bに挟持させることにより、同一の搬送機構によってロードロック室と成膜室の間を出し入れできるようにした。なお、反応容器14に接続する図示しないロードロック室の容積は4.6Lに抑え、大気開放してから真空中に引くまでの時間が、全体の作業時間に占める割合を低減させた。ロードロック室は50L/sのターボ分子ポンプによって排気し、到達真空度は 1×10^{-4} Paである。ロードロック室内にはリボルバ式カセットを取り付けてあり、12個のホルダを同時に装填することができる。

【0030】図3は、本発明の成膜装置及び分析装置の全体を示す判断面図である。図3において、石英ガラス製導光棒付きの赤外線ランプ15は、反応容器14の壁面のポートに水平に取り付けてある。赤外線ランプ15は反応容器14外に設置し、ベローズ付き直線導入機構15Aを介して、導光棒1を反応容器14内に挿入している。

【0031】基板9は、アナログモータ16もしくはパルスモータ17によって、 θ ロッド6B、ギア5及び回転板4を介して回転可能に構成されている。基板9に対向してターゲット11が位置し、ターゲットテーブル12を回転させることによって、ターゲットテーブル12に保持された5つのターゲット11から任意の一つを選択することができる。

【0032】レーザ光は、入射窓18から、反応容器14内に導かれ、ターゲット11上で集光される。集光用のレンズ（図示せず）をテーブル19に立てることにより、焦点位置を調整することができる。入射窓18がターゲット11からの飛散物により汚れても容易に交換できるように、シールドガラス交換機構20を取り付けてある。CAICISS解析用の周知のイオン銃及び散乱イオン解析システム（図示せず）は、石英ガラス製導光棒付き赤外線ランプ15及びターゲット11と同じ高さの水平面上に取り付けたポート21に設置する。膜表面の構造は、周知の高速電子線回折装置によっても解析することが可能である。

【0033】ターゲット11に照射するArFエキシマレーザ光は、前述したように、反応容器14から斜めに延びたポートに取り付けた石英ガラス製の入射窓18から入射させる。エキシマレーザ光とターゲット11の表面とのなす角は35°である。CAICISS用ポートは基板面に垂直となるように、反応容器14の側面に取り付けた。RHEED用の電子銃および反射電子線用の蛍光スクリーン（前述した高速電子線回折装置）は、図3中において、紙面に垂直な方向で反応容器14の影になる位置に配置した。このような構成により、成膜中に膜表面をモニタすることができる。反応容器14の直径は400mm、高さ400mmであり、反応容器14の直下にゲートバルブ23を介して取り付けられた1000L/sのターボ分子ポンプ24で排気する。到達真空度は 7×10^{-7} Paである。成膜用のガスはマスフローメータもしくはリークバルブから容器内に導入する。ガス導入速度とともに、バタフライバルブによって排気速度を制御することによって、反応容器14内の圧力を 5×10^{-6} Paから100Paの領域で制御することができる。

【0034】以上のように説明した図1、図2及び図3に示す成膜装置において、赤外線ランプ15へ電力を入力し、基板ホルダ8上に設置したYSZ単結晶からなる基板9の温度をPt/Pt-Rh熱電対で測定した。フルヤ金属（株）から購入したYSZ基板9の表面には小さな孔部をうがち、熱電対の先端を耐熱性接着剤で固定してある。図4は、赤外線ランプ15への投入電力量と、YSZ基板9に接着したPt/Pt-Rh熱電対の示した温度との関係を示す。2kWの赤外線ランプ15により、150℃から1500℃の範囲で、連続的な温度設定を実現できた。

【0035】

【発明の効果】本発明の基板回転・加熱装置は、基板の表面に薄膜を均一に蒸着させるために、または、前記基板表面に形成された薄膜を分析するために、前記基板を保持すると共に、前記基板表面を垂直に貫通する第1回転軸を軸として前記基板を回転させる回転機構と、前記回転機構の前記第1回転軸を貫通し、赤外線源から出射

される赤外線を前記基板の裏面に照射する導光棒とを備えるので、基板を効率よく加熱することができる。また、前記回転機構は、前記第1回転軸と同軸回転するボールベアリングを備え、前記導光棒は、前記ボールベアリングを貫通しているので、回転機構の安定した回転動作を確保しつつ、導光棒を基板の裏面に確実に導くことができる。また、前記回転機構は、前記基板を保持する基板ホルダと、支柱を介して前記基板ホルダに接続された回転板とを備え、駆動機構からの駆動力が前記基板ホルダに伝達されることにより、前記基板ホルダ及び前記回転板が前記第1回転軸と同軸回転するので、基板や基板ホルダ側の熱が回転板に伝わりにくくなり、基板の高温加熱時においても安定した回転動作を確保することができる。前記基板を150℃から1500℃の間の任意の温度に加熱することができ、かつ、前記基板を安定的に回転できるので、基板の超高温加熱と安定した回転動作を両立した基板回転・加熱装置を提供することができる。さらに、前記回転機構は駆動装置に保持されており、前記駆動装置は、前記回転板を0.1度刻みで回転制御すると共に、前記第1回転軸に垂直な第2回転軸に対し前記回転機構を0.1度刻みで回転制御できる構成であるので、高温加熱時においても、基板を高精度に位置決めすることができる。また、本発明の成膜装置は、前記基板回転・加熱装置を反応容器内に備え、前記反応容器内に設置されたターゲットにパルスレーザ光を照射することにより、または、前記ターゲットと基板の間にプラズマを発生させることにより、前記基板表面に薄膜を作製するので、超高温加熱時においても基板全体に均一な膜質及び膜厚を備える薄膜を作製することができる。また、酸素、亜酸化窒素または窒素のうちの少なくとも一つのガスを前記反応容器内に流入させ、 $5 \times 10^{-6} \text{ Pa} \sim 100 \text{ Pa}$ の減圧雰囲気下において前記基板表面に薄膜を作製できるので、超高温加熱時において極めて膜質の良好な薄膜を作製することができる。さらに、前記基板は、前記ターゲットに対向配置されるので、極めて膜質の良好な薄膜を作製することができる。さらに、本発明の分析装置は、前記基板回転・加熱装置を反応容器内に備えると共に、前記基板表面に不活性ガスイオンを照射する直衝撃イオン散乱分光法用イオン銃または前記基板表面に高速電子線を照射する高速電子線回折装置を備えるので、超高温加熱時においてもCAICISSあるいはRHEEDによる膜質分析を行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による成膜装置及び分析装置の要部を概略的に示す半断面図である。

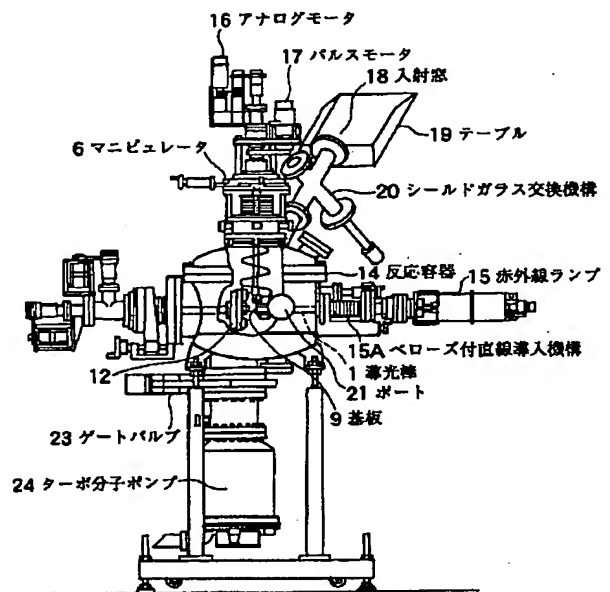
【図2】本発明による成膜装置及び分析装置の要部を概略的に示す半断面図である。

【図3】本発明による成膜装置及び分析装置を概略的に示す構成図である。

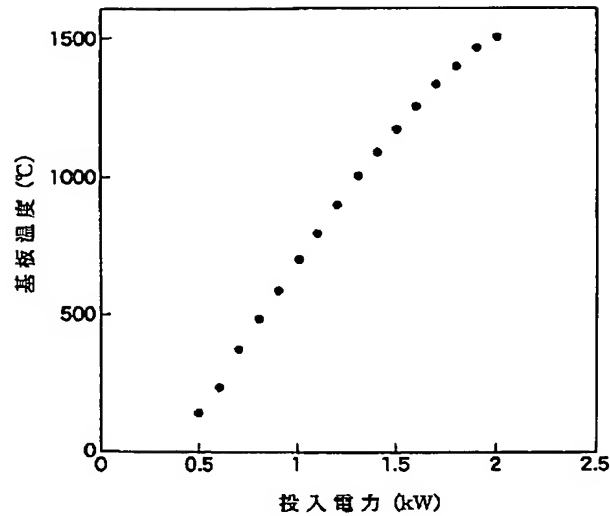
【図4】本発明による成膜装置及び分析装置における赤外線ランプへの投入電力量と、YSZ基板に接着したPt/Pt-Rh熱電対の示した温度との関係を示す特性図である。

【符号の説明】

- 1 導光棒
- 1A 先端
- 2 ボールベアリング
- 2A 孔部
- 3 シリンダ
- 4 回転板
- 5 ギア
- 6 マニピュレータ
- 6A マニピュレータロッド
- 6B θ ロッド
- 6C 第2回転軸
- 7 レール
- 7A 支柱
- 7B 遮熱板
- 8 基板ホルダ
- 8A バネ
- 9 基板
- 9A 表面
- 9B 裏面
- 9C 第1回転軸
- 10 回転機構
- 11 ターゲット
- 12 ターゲットテーブル
- 12A ターゲットホルダ
- 12B レール
- 13 シャッタ
- 14 反応容器
- 15 赤外線ランプ
- 15A ベローズ付直線導入機構
- 16 アナログモータ
- 17 パルスモータ
- 18 入射窓
- 19 テーブル
- 20 シールドガラス交換機構
- 21 ポート
- 23 ゲートバルブ
- 24 ターボ分子ポンプ



【図4】



フロントページの続き

(51) Int. Cl. ⁷		識別記号	F I	テーム (参考)
G 0 1 N	23/20		G 0 1 N	23/20
	23/203			23/203
(71)出願人	000233745		(72)発明者	田 昭治
	入江工研株式会社			東京都千代田区丸の内三丁目1番1号 入
	東京都千代田区丸の内三丁目1番1号			江工研株式会社内
(71)出願人	501111902		(72)発明者	片桐 俊郎
	株式会社片桐エンジニアリング			神奈川県川崎市幸区南加瀬五丁目37番12号
	神奈川県川崎市幸区南加瀬五丁目37番12号			株式会社片桐エンジニアリング内
(71)出願人	501111924		(72)発明者	三村 宗
	昭和熔材株式会社			東京都昭島市東町五丁目1番2号 昭和熔
	東京都昭島市東町五丁目1番2号			材株式会社内
(72)発明者	折田 政寛		F ターム (参考)	2G001 AA03 AA05 BA14 BA15 BA18
	千葉県船橋市三山5-7-9			CA03 CA05 EA04 EA20 GA13
(72)発明者	太田 裕道			GA17 HA12 JA08 JA11 JA14
	神奈川県川崎市高津区千年1184 グランド			KA01 KA08 KA12 LA11 MA05
	ールB・202			PA07 PA12 PA15 RA03
(72)発明者	平野 正浩			4K029 AA04 CA01 DA08 DB20 EA08
	東京都世田谷区松原5-5-6			JA02
(72)発明者	細野 秀雄			5F103 AA01 AA08 AA10 BB38 BB42
	神奈川県大和市下鶴間2786-4-212			DD30 LL02 NN01 RR05